

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Мичуринский государственный аграрный университет»

Кафедра садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных
культур

УТВЕРЖДЕНА
решением учебно-методического со-
вета университета
(протокол № 7 от 22 апреля 2026 г.)

УТВЕРЖДАЮ
Председатель учебно-методического
совета университета
Р.А. Чмир
«22» апреля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛИЗМА КЛЕТКИ»

Направление подготовки - 19.03.01 Биотехнология
Направленность (профиль) Биотехнология
Квалификация выпускника - бакалавр

Мичуринск, 2026 г.

1. Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями - изучение общих принципов регуляции метаболических процессов в клетке про- и эукариот, формирование целостной системы знаний о механизмах контроля метаболических процессов и межклеточных коммуникациях.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний и понятий в области инновационных биотехнологий;
- формирование представлений о технологиях производства основных видов биотехнологической продукции, получения знаний и навыков, необходимых для осуществления и управления технологическими процессами;

- формирование у обучаемых способностей для оценки последствий их профессиональной деятельности, при участии в решении практических социальных и экономических проблем в области биотехнологии.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Согласно учебному плану по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология дисциплина «Регуляция метаболизма клетки» является элективной дисциплиной (Б1.В.ДВ.09.01).

Материал дисциплины основывается на опорных знаниях, умениях и навыках таких дисциплин, как: «Математика», «Органическая химия», «Экология», «Физика». Тесно взаимосвязана с такими дисциплинами, как: «Биотехнология утилизации и очистки отходов с.-х. производства», «Основы асептики в биотехнологических производствах», «Генная инженерия», «Инженерные основы в биотехнологии», «Пищевая биотехнология». Служит базой для прохождения производственной практики научно-исследовательская работа, подготовки к ГИА.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины обучающийся должен усвоить трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом 26.008 Специалист-технолог в области природоохранных (Экологических) биотехнологий утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 16.09.2022 № 561н

Обобщенные трудовые функции (ОТФ)	Трудовые функции (ТФ)	Выбранные трудовые действия (ТД)
Мониторинг состояния окружающей среды с применением природоохранных биотехнологий А	Оценка риска и возможности применения природоохранных биотехнологий А/02.6	Проведение лабораторных исследований и экспертиз биологического материала

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ПК-4. Способен проводить бактериологические, токсикологические исследования природных образцов, оценку технических средств и технологических процессов с учетом экологических последствий их применения

Код и наименование универсальной компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				
	Код и наименование индикатора достижения универсальных компетенций	низкий (допороговый, компетенция не сформирована)	пороговый	базовый	продвину-тый
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИД-1 _{ук-1} – Анализирует поставленную задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи	Не может формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Не может определять ожидаемые результаты решения выделенных задач.	Не достаточно четко может формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Не достаточно четко может определять ожидаемые результаты решения выделенных задач.	В достаточной степени может формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Достаточно четко может определять ожидаемые результаты решения выделенных задач.	Свободно формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Четко может определять ожидаемые результаты решения выделенных задач.
	ИД-2 _{ук-1} – Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Не может находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Недостаточно находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Достаточно хорошо находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Успешно находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	ИД-3 _{ук-1} – Рассматривает возможные варианты	Не может рассматривать возможные варианты	Слабо рассматривает возможные варианты	Хорошо рассматривает возможные варианты	Отлично рассматривает возможные варианты

	решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки
	ИД-4 _{ук-1} – Аргументировано формирует собственные суждения и оценки, отличает факты от мнений и интерпретаций в рассуждениях других участников деятельности, принимает обоснованное решение поставленной задачи	Не может формировать собственные суждения и оценки, отличает факты от мнений и интерпретаций в рассуждениях других участников деятельности, принимает обоснованное решение поставленной задачи	Неуверенно формирует собственные суждения и оценки, отличает факты от мнений и интерпретаций в рассуждениях других участников деятельности, принимает обоснованное решение поставленной задачи	Достаточно четко формирует собственные суждения и оценки, отличает факты от мнений и интерпретаций в рассуждениях других участников деятельности, принимает обоснованное решение поставленной задачи	Отлично формирует собственные суждения и оценки, отличает факты от мнений и интерпретаций в рассуждениях других участников деятельности, принимает обоснованное решение поставленной задачи
	ИД-5 _{ук-1} – Определяет и оценивает последствия возможных решений задачи	Не может определять и оценивать последствия возможных решений задачи	Неуверенно Определяет и оценивает последствия возможных решений задачи	Достаточно четко определяет и оценивает последствия возможных решений задачи	Отлично определяет и оценивает последствия возможных решений задачи
ПК-4. Способен проводить бактериологические, токсикологические исследования природных образцов, оценку технических средств и технологических процессов с учетом экологических последствий их	ИД-1 _{пк-4} Проводит экологическую оценку природных образцов, состояния территорий, применяя природоохранные биотехнологии	Не проводит экологическую оценку природных образцов, состояния территорий, применяя природоохранные биотехнологии	Не всегда проводит экологическую оценку природных образцов, состояния территорий, применяя природоохранные биотехнологии	Достаточно часто проводит экологическую оценку природных образцов, состояния территорий, применяя природоохранные биотехнологии	Всегда проводит экологическую оценку природных образцов, состояния территорий, применяя природоохранные биотехнологии
	ИД-2 _{пк-4}	Не	Не всегда	Достаточно	Всегда

применения	Осуществляет лабораторные исследования и экспертизу биологического материала	осуществляет лабораторные исследования и экспертизу биологического материала	осуществляет лабораторные исследования и экспертизу биологического материала	часто осуществляет лабораторные исследования и экспертизу биологического материала	осуществляет лабораторные исследования и экспертизу биологического материала
	ИД-ЗПК-4 Применяет биотехнологические приемы против появления очагов вредных организмов	Не применяет биотехнологические приемы против появления очагов вредных организмов	Не всегда применяет биотехнологические приемы против появления очагов вредных организмов	Обычно применяет биотехнологические приемы против появления очагов вредных организмов	Всегда применяет биотехнологические приемы против появления очагов вредных организмов

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- знать современную физическую картину мира, пространственно-временных закономерности, строения вещества для понимания окружающего мира и явлений природы;
- структуру и пространственную организацию белков, нуклеиновых кислот;
- общие принципы регуляции клеточных процессов;
- молекулярные механизмы взаимодействия регуляторных белков с нуклеиновыми кислотами и механизмы контроля стабильности мРНК и механизм РНК-интерференции;
- особенности регуляторных процессов в клетках про- и эукариот;
- основные принципы контроля клеточного цикла;
- механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.

уметь:

- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
- предложить возможные пути повышения или понижения экспрессии определенных метаболических путей за счет воздействия на известные регуляторные процессы;
- использовать знания о принципах регуляции метаболизма при создании организмов-продуцентов каких-либо соединений;
- оценить возможные последствия изменения условий культивирования на основные метаболические процессы модельных организмов;

владеть:

- методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области; способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов;
- теоретической базой профессионально-профилированных методов регуляции метаболических процессов.

3.1. Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины (модуля) и формируемых в них универсальных и профессиональных компетенций

Темы, разделы дисциплины	Компетенции		Общее количество компетенции
	УК-1	ПК-4	
Принципы транскрипционной регуляции	+	+	2
Регуляторные белки	+	+	2
Механизмы регуляции транскрипции	+	+	2
Фосфотрансферазная система бактерий. Простые регуляторные системы.	+	+	2
Межклеточные коммуникации. Сенсорные системы.	+	+	2
Общая схема метаболизма микроорганизмов и механизмы его регуляции. Механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.	+	+	2

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 акад. часа.

4.1 - Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды занятий	Всего акад. часов	
	Очная форма обучения 8 семестр	Заочная форма обучения 5 курс
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем	36	20
Аудиторные занятия, в т.ч.	36	20
Лекции	12	4
Практические занятия	24	16
Самостоятельная работа, в т.ч.	72	84
проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	12	24
подготовка к контрольной работе, семинарам, коллоквиумам	20	20
выполнение индивидуальных заданий	20	20
подготовка к сдаче модуля, зачета	20	20
Контроль		4
Вид итогового контроля	зачет	зачет

4.2. Лекции

№	Раздел дисциплины (модуля), темы лекций и их содержание	Объем в акад. часах		Формируемые компетенции
		очная	заоч-	

		форма обуче- ния	ная форма обуче- ния	
1	1.1. Принципы транскрипционной регуляции. Понятие о единице транскрипции. Развитие учения о метаболизме клетки во второй половине XX века. Общая характеристика регуляторных механизмов. Уровни регуляции метаболизма. Организация гена.	2	0,5	УК-1; ПК-4
2	2.1. Регуляторные белки. Основные функции регуляторных белков. Факторы регуляции трансляции. Оперонная организация. Опероны про- и эукариот. Принцип работы регуляторных белков. Модули последовательностей ДНК, узнаваемые регуляторными белками (промоторы и энхансеры, операторы).	2	1	УК-1; ПК-4
3	3.1. Механизмы регуляции транскрипции. Основные понятия. Осуществление регуляции экспрессии. Особенности механизма транскрипции. Белки, контролирующие транскрипцию. Типы транскрипционных факторов. Посттранскрипционная регуляция. Посттрансляционная регуляция. Модель регуляции транскрипции эукариотического гена.	2	1	УК-1; ПК-4
4	4.1. Фосфотрансферазная система бактерий. Простые регуляторные системы. Общее представление о фосфотрансферазной системе. Бактериальная фосфотрансферазная система. Транспорт углевода внутрь клетки. Регуляторная роль бактериальной фосфотрансферазной системы. Механизмы кatabолитной репрессии. Лабильность действия ферментов. Ингибиторы и активаторы.	2	0,5	УК-1; ПК-4
5	5.1. Межклеточные коммуникации. Сенсорные системы. Автоиндукторы бактерий и их синтез. Роль АГСЛ-сигналов в экологии бактериальных популяций. Рецепторы стероидных гормонов животных. Общие принципы сенсорной регуляции. Работа двухкомпонентной сенсорной системы EnvZ/OmpR при осморегуляции. Распространение двухкомпонентных сенсорных систем у различных представителей про- и эукариот.	2	0,5	УК-1; ПК-4
6	6.1. Общая схема метаболизма микроорганизмов и механизмы его регуляции. Механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям. Анаболизм и катаболизм микробной клетки, их взаимосвязь. Влияние физико-химических факторов среды на метаболические процессы. Классификация механизмов регуляции метаболизма. Ферментная регуляция метаболизма. Генная регуляция метаболизма. Контроль стрессовых регулонов бактерий.	2	0,5	УК-1; ПК-4

	Температурный шок. Холодовой шок. Кислородный стресс и редокс контроль.			
Итого:		12	4	

4.3 Практические занятия

№ раз-делов	Наименование занятия	Объем в акад. часах		Формируемые компетенции
		очная форма обучения	заочная форма обучения	
1-2	Структура и функции белков	4	2	УК-1; ПК-4
1-2	Структура и функции нуклеиновых кислот. Биологические функции нуклеиновых кислот	4	2	УК-1; ПК-4
1-2	Влияние температуры и реакции среды на активность фермента инвертаза	2	2	УК-1; ПК-4
1, 3	Семинар «Биосинтез нуклеиновых кислот и белков. Репликация ДНК»	4	2	УК-1; ПК-4
4	Коллоквиум: «Принципы транскрипционной регуляции»	4	2	УК-1; ПК-4
5	Семинар «Сенсорные системы»	2	2	УК-1; ПК-4
6	Характеристика систем "общей регуляции" метаболизма у про - и эукариот и их роль в жизнедеятельности организмов.	2	2	УК-1; ПК-4
6	Коллоквиум: «Механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям».	2	2	УК-1; ПК-4
Итого:		24	16	

4.4. Лабораторные работы не предусмотрены

4.5. Самостоятельная работа обучающегося

№ разделов	Тема СРС	Вид СР	Объем в акад. часах	
			очно	заочно
1	Контроль локализации белков	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	6
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	2	2
		выполнение индивидуальных заданий	2	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	2	2
2	Секреция белков	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	2

		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	2	2
		выполнение индивидуальных заданий	2	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	2	2
3	Принципы транскрипционной регуляции	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	2	2
		выполнение индивидуальных заданий	2	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	2	2
3	Транскрипционный контроль	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	2	2
		выполнение индивидуальных заданий	2	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	2	2
3	Посттранскрипционная регуляция	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	2	2
		выполнение индивидуальных заданий	2	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	2	2
3	Посттрансляционная регуляция	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	2	2
		выполнение индивидуальных заданий	2	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	2	2
4	Катаболитная репрессия	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	2	2
		выполнение индивидуальных заданий	2	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	2	2
5	Межклеточные коммуникации	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	2	2
		выполнение индивидуальных заданий	2	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	2	2
5	Сенсорные системы	проработка учебного материала по дисциплине	1	2

		плине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)		
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	2	2
		выполнение индивидуальных заданий	2	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	2	2
6	Контроль клеточно-го цикла	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	3	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	2	2
		выполнение индивидуальных заданий	2	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	2	2
Итого:			72	84

Перечень методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Дубровский М.Л., Методические указания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» для обучающихся по направлению 19.03.01 Биотехнология. – Мичуринск, 2026.

4.6. Выполнение контрольной работы обучающимися заочной формы

Важной формой самостоятельной работы обучающегося является написание письменных работ, в том числе контрольной работы по данной дисциплине.

Цели выполнения работы:

- систематизация, закрепление и углубление теоретических знаний и умений применять их для решения конкретных практических задач;
- развитие навыков самостоятельной научной работы (планирование и проведение исследования, работа с научной и справочной литературой, нормативными правовыми актами, интерпретация полученных результатов, их правильное изложение и оформление).

Работа должна отвечать следующим требованиям:

- самостоятельность исследования;
- формирование авторской позиции по основным теоретическим проблемным вопросам;
- анализ научной и учебной литературы по теме исследования;
- связь предмета исследования с актуальными проблемами современной науки и практики;
- логичность изложения, аргументированность выводов и обобщений;
- научно-практическая актуальность работы.

Задания в контрольной работе направлены на закрепление теоретических знаний обучающегося по дисциплине регуляция метаболизма клетки. Контрольная работа включает 4 вопроса. Выбор варианта определяется последней и предпоследней цифрами шифра зачетной книжки.

Перечень вопросов и требования к выполнению контрольной работы рассмотрены в методических указаниях для выполнения контрольной работы.

4.7. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Принципы транскрипционной регуляции.

Введение. Цель и задачи курса «Регуляция метаболизма клетки». Современная физическая картина мира, пространственно-временных закономерности, окружающего мира и явлений природы. Необходимость регуляции клеточного метаболизма. Значение контроля метаболизма клеток продуцентов в биотехнологических процессах. Развитие учения о метаболизме клетки во второй половине XX века. Методы и приемы проведения экспериментальных исследований в области биотехнологии, стандартные и сертификационные испытания сырья.

Понятие о единице транскрипции. Экспериментальное развитие идеи о делимости гена. Три свойства генетического материала: функция в цепи метаболических превращений в клетке, способность претерпевать мутации и способность к рекомбинации. Организация гена. Основные термины, отражающие сложное строения гена.

Общая характеристика регуляторных механизмов. Промоторы эукариот: размеры, положение, структура и механизм распознавания различными РНК-полимеразами. Промоторные элементы, контролирующие точку инициации и интенсивность транскрипции. Уровни регуляции метаболизма. Дополнительные уровни регуляции метаболизма у эукариот.

Раздел 2. Регуляторные белки.

Регуляторная функция белков. Разновидности белков, выполняющих регуляторную функцию: белки — рецепторы, воспринимающие сигнал; сигнальные белки — гормоны и другие вещества, осуществляющие межклеточную сигнализацию; регуляторные белки.

Белки, контролирующие транскрипцию:

- 1) Базальные транскрипционные факторы = general transcription factors (GTFs);
- 2) Коактиваторы и корепрессоры;
- 3) Транскрипционные факторы.

Регуляторные белки (транскрипционные факторы): структура, связывание с ДНК, взаимодействие с РНК-полимеразой и между собой, механизм репрессии и активации транскрипции. Значение ди- и олигомеризации регуляторных белков. Основные белковые домены, узнающие специфические последовательности ДНК (спираль-поворот-спираль, спираль-петля-спираль, гомеодомен, "лейциновая застежка", "цинковые пальцы"). Модули последовательностей ДНК, узнаваемые регуляторными белками (промоторы и энхансеры, операторы).

Промоторы эукариот: размеры, положение, структура и механизм распознавания различными РНК-полимеразами. Промоторные элементы, контролирующие точку инициации и интенсивность транскрипции.

Оперонная организация. Структура абстрактного оперона.

Раздел 3. Механизмы регуляции транскрипции.

Стадии инициации транскрипции. Различия механизмов инициации у про- и эукариот. Основные понятия:

Регуляторные единицы - промоторный район, энхансеры, сайленсеры.

Транскрипционные факторы – белки, специфически связывающиеся с ДНК и регулирующий транскрипцию.

Коактиваторы и корепрессоры, медиаторы – белки, не взаимодействующие с ДНК.

Опероны бактерий. Понятие об индуцибельных и репрессибельных оперонах. Негативная и позитивная регуляция оперонов бактерий на примере лактозного, арабинозного и триптофанового оперона. Понятие о регулоне.

Контроль терминирования транскрипции. Антитерминация. Белки N и Q фага.

Посттранскрипционная регуляция

Контроль процессинга пре-мРНК (транс-сплайсинг, альтернативный сплайсинг, альтернативное полиаденилирование).

Регуляция стабильности мРНК. Факторы, влияющие на стабильность мРНК. РНКазы, участвующие в деградации мРНК (РНКазы Е, РНКазы III, полинуклеотидфосфорилаза, РНКазы II). Мультибелковые комплексы деградации РНК. РНК-хеликазы в деградации РНК. Действие полиаденилирования на стабильность бактериальных и эукариотических мРНК. Участие нетранслируемых молекул РНК в регуляции: контроль инициации репликации ДНК, процессинга РНК и ее трансляции. Антисмысловая РНК.

МикроРНК как регулятор. РНК-интерференция.

Посттрансляционная регуляция

Фолдинг и деградация белков как компоненты регуляторных систем. Формирование нативной трехмерной структуры белков. Молекулярные шапероны семейств Hsp60 и Hsp70 у про- и эукариот. Рабочий цикл шаперонных комплексов GroEL и DnaKJ-GrpE. Участие молекулярных шаперонов в регуляторных процессах.

Деградация белков: АТФ-зависимые протеазы прокариот и 26S-протеасома эукариот. Механизм распознавания аномальных белков. Система убиквитинирования белков эукариот. Роль контролируемого протеолиза в регуляции метаболизма у про- и эукариот.

Раздел 4. Фосфотрансферазная система. Простые регуляторные системы.

Общее представление о фосфотрансферазной системе. Бактериальная фосфотрансферазная система. Фосфотрансферазная система состоит из двух неспецифических компонентов: ферментов I и HPr и набора субстрат-специфических белков, связанных с мембраной и обозначенных как ферменты II. Регуляторная роль бактериальной фосфотрансферазной системы.

Транспорт углевода внутрь клетки. Осуществление регуляторной функции. Катаболическая репрессия. Механизмы катаболической репрессии. Лабильность действия ферментов. Ингибиторы и активаторы.

Контроль утилизации галактозы у дрожжей. Модульная организация регуляторных белков. Дрожжевые двухгибридные системы.

Раздел 5. Межклеточные коммуникации. Сенсорные системы.

Значение межклеточной коммуникации. Автоиндукторы бактерий и их синтез. Роль АГСЛ-сигналов в экологии бактериальных популяций. Кросс-сигналы. Ингибирование антибиотиками.

Контроль биолюминесценции у *Vibrio fischeri*.

Регуляция синтеза экзоферментов и антибиотиков у *Erwinia carotovora*.

Рецепторы стероидных гормонов животных.

Общие принципы сенсорной регуляции. Передача информации через клеточную мембрану. Белковые каналы, транспортеры и рецепторы. Рецепторная функция воротных каналов. Роль киназ и G- белков в регуляции.

Двухкомпонентные сенсорные системы. Работа двухкомпонентной системы EnvZ/OmpR при осморегуляции.

Распространение двухкомпонентных сенсорных систем у различных представителей про- и эукариот.

Сенсорные процессы и внутриклеточная регуляция у эукариот.

Сенсорные механизмы эукариот. Компоненты сигнальных путей (рецепторы, G- белки, адапторы, эффекторы, вторичные мессенджеры). Киназы как компоненты сигнальных путей. Типы протеинкиназ. Способы передачи сигнала через клеточную мембрану. Типы трансмембранных рецепторов и механизмы их активации. Тримерные и мономерные G- белки: структура и принцип действия. Способы передачи сигнала в ядро. Контроль специфичности сигнализации.

Раздел 6. Общая схема метаболизма микроорганизмов и механизмы его регуляции. Механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.

Анаболизм и катаболизм микробной клетки, их взаимосвязь. Типы метаболизма у микроорганизмов – броидильный, дыхательный, метаногенный и фототрофный.

Общая схема процессов катаболизма. Влияние физико-химических факторов среды на метаболические процессы. Классификация механизмов регуляции метаболизма. Регуляция метаболитами. Ферментная регуляция метаболизма. Генная регуляция метаболизма.

Контроль стрессовых регулонов бактерий при помощи альтернативных сигма-факторов РНК-полимеразы. Общий стресс: регулон RpoS. Периплазматический стресс: регулон RpoE.

Температурный шок. Контроль регулона теплового шока у различных бактерий. Тепловой шок у дрожжей.

Холодовой шок.

Кислородный стресс и редокс контроль. Активные формы кислорода: их повреждающее действие и механизм инактивации. Причина кислородного стресса. Механизмы окислительных повреждений клетки. Защита от окислительного стресса. Регулоны SoxRS и OxyR. Адаптация к анаэробизму. Белок FNR как сенсор кислорода.

Утилизация азота. Детекция внутриклеточной концентрации азота, компоненты регуляторной системы. Структура и особенности функционирования белков RpoN и NtrC.

5. Образовательные технологии

Вид учебной работы	Образовательные технологии
Лекции	Электронные материалы, использование мультимедийных средств, раздаточный материал
Практические занятия	Постановка опытов, обсуждение и анализ предложенных вопросов их аудиторных занятиях, индивидуальные доклады, тестирование
Самостоятельные работы	Защита и презентация результатов самостоятельного исследования на занятиях

6. Фонд оценочных средств дисциплины

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки»

п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Оценочное средство	
			наименование	кол-во вопросов
1	Принципы транскрипционной регуляции	УК-1; ПК-4	реферат тест вопросы для зачета	2 9 7
2	Регуляторные белки	УК-1; ПК-4	реферат тест вопросы для зачета	4 8 7
3	Механизмы регуляции транскрипции	УК-1; ПК-4	реферат тест вопросы для зачета	5 23 15
4	Фосфотрансферазная система. Простые регуляторные системы.	УК-1; ПК-4	реферат тест вопросы для зачета	3 13 6
	Межклеточные коммуника-	УК-1; ПК-4	реферат	5

5	ции. Сенсорные системы		тест вопросы для зачета	22 6
6	Общая схема метаболизма микроорганизмов и механизмы его регуляции. Механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.	УК-1; ПК-4	реферат тест вопросы для зачета	6 26 9

6.2. Перечень вопросов для зачета

1. Организация гена. Основные термины, отражающие сложное строения гена. Локализация генов в хромосомах. (УК-1; ПК-4)
2. Современная физическая картина мира, пространственно-временных закономерности, окружающего мира и явлений природы. Современные представления о структуре белков. Уровни организации белковой молекулы. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура. Физико-химические свойства белков. (УК-1; ПК-4)
3. Строение нуклеотидов. Нуклеозидмоно-, ди-, трифосфаты. Биологические функции нуклеотидов. (УК-1; ПК-4)
4. Современные представления о структуре ДНК, правило Чаргаффа, видовая специфичность, модель Уотсона-Крика. Третичная структура ДНК. Сателлитная ДНК. Палиндромы. (УК-1; ПК-4).
5. Рибонуклеиновые кислоты, их классификация, строение рРНК, иРНК. Структура тРНК. Спирализация в РНК (вторичная структура). Внутрицепочечные комплементарные взаимодействия. Петли и внутренние петли шпилек РНК. (УК-1; ПК-4).
6. Репликация ДНК. Ферменты и белковые факторы биосинтеза ДНК. Этапы репликации ДНК. (УК-1; ПК-4).
7. Регуляторная функция белков. Разновидности белков, выполняющих регуляторную функцию. (УК-1; ПК-4)
8. Белки, контролирующие транскрипцию. Базальные транскрипционные факторы. Ко-активаторы и корепрессоры. Транскрипционные факторы. (УК-1; ПК-4).
9. Оперонная организация генома. Структура абстрактного оперона. (УК-1; ПК-4)
10. Транскрипция как основа регуляции экспрессии генов. Матричный синтез РНК. Комплементарность продукта РНК-полимеразной реакции матрице. (УК-1; ПК-4)
11. Стадии транскрипции: инициация, элонгация и терминация. РНК-полимераза – основной фермент транскрипции. (УК-1; ПК-4)
12. Транскрипция у зубактерий. Понятие оперонов и полицистронных мРНК. Промотор и терминатор транскрипции. (УК-1; ПК-4).
13. Опероны бактерий. Понятие об индуцибельных и репрессибельных оперонах. (УК-1; ПК-4).
14. Примеры регуляции активности генов с использованием набора сигма-субъединиц. Структура промоторов: области нуклеотидов (–35) и (–Структура терминаторов). (УК-1; ПК-4).
15. Инициация транскрипции: этапы. Оперон как способ регуляции транскрипции. Примеры оперонов: оперон рРНК, опероны рибосомных белков и «лишние» гены в составе этих оперонов. (УК-1; ПК-4)
16. Регуляция активности генов *E.coli*, утилизирующих лактозу. Лас-оперон *E.coli*. Схема Жакоба-Моно. Понятия “репрессор”, “активатор”, “оператор”. Способы изменения активности репрессоров и активаторов. (УК-1; ПК-4).

17. Примеры регуляции активности оперонов на стадии инициации. Сопряжение транскрипции и трансляции. (УК-1; ПК-4).
18. Механизм работы активаторов транскрипции. Катаболитный тип регуляции. Триптофановый оперон. (УК-1; ПК-4).
19. Контроль терминации транскрипции. Антитерминация. Примеры антитерминации. (УК-1; ПК-4).
20. Посттранскрипционная регуляция. Контроль процессинга пре-мРНК (трансплайсинг, альтернативный сплайсинг, альтернативное полиаденилирование). (УК-1; ПК-4).
21. Посттрансляционная регуляция. Фолдинг и деградация белков как компоненты регуляторных систем. (УК-1; ПК-4).
22. Трансляция. Активация аминокислот. Роль аминоацил-тРНК-синтетаз. (УК-1; ПК-4).
23. Трансляция. Инициация белкового синтеза. (УК-1; ПК-4).
24. Регуляция трансляции антисмысловыми РНК. (УК-1; ПК-4).
25. Структура ферментов. Одно- и двухкомпонентные ферменты. Коферменты. Активный центр. Аллостерический центр, роль в регуляции обмена. (УК-1; ПК-4).
26. Лабильность действия ферментов. Ингибиторы и активаторы. Специфичность действия ферментов. (УК-1; ПК-4).
27. Аллостерические ферменты. Регуляция путем активации и ингибирования. (УК-1; ПК-4).
28. Изоферменты, мультиферменты, зимогены. Механизм действия ферментов на примере химотрипсина. (УК-1; ПК-4).
29. Типы ингибирования (мультивалентное, кумулятивное, изоферментное и др.) (УК-1; ПК-4).
30. Ретроингибирование. Молекулярные механизмы ингибирования. (УК-1; ПК-4).
31. Общее представление о фосфотрансферазной системе. Бактериальная фосфотрансферазная система. Какие процессы катализирует ФТС? (УК-1; ПК-4).
32. Белки фосфотрансферазной системы. (УК-1; ПК-4).
33. Катаболитная репрессия. Механизмы катаболитной репрессии. (УК-1; ПК-4).
34. Контроль утилизации галактозы у дрожжей. Модульная организация регуляторных белков. (УК-1; ПК-4).
35. Тепловой шок. Белки теплового шока. Основные функции белков теплового шока. (УК-1; ПК-4).
36. Шапероны. (УК-1; ПК-4).
37. Значение межклеточной коммуникации. Автоиндукторы бактерий и их синтез. (УК-1; ПК-4).
38. Синтез N-ацилгомосеринлактонов. Роль N-АГСЛ –сигналов в межклеточной коммуникации бактериальных популяций. (УК-1; ПК-4).
39. Сенсоры, внутриклеточные посредники и эффекторы. (УК-1; ПК-4).
40. Детектируемые трансмембранные рецепторы. (УК-1; ПК-4).
41. Двухкомпонентные системы. Типичная двухкомпонентная система. (УК-1; ПК-4).
42. Общие принципы сенсорной регуляции. Передача информации через клеточную мембрану. (УК-1; ПК-4).
43. Внеклеточные сигналы. Основа работы двухкомпонентной системы. (УК-1; ПК-4).
44. Особенности регуляции клеточного метаболизма у про- и эукариотических организмов. (УК-1; ПК-4).
45. Анаболизм и катаболизм микробной клетки, их взаимосвязь. (УК-1; ПК-4).
46. Синтез и распад гликогена в тканях, гормональная регуляция этих процессов. (УК-1; ПК-4).

47. Влияние физико-химических факторов среды на метаболические процессы. (УК-1; ПК-4).
48. Классификация механизмов регуляции метаболизма. Регуляция метаболитами. Методы и приемы проведения экспериментальных исследований в области биотехнологии, стандартные и сертификационные испытания сырья. (УК-1; ПК-4).
49. Ферментная регуляция метаболизма. (УК-1; ПК-4).
50. Генная регуляция метаболизма. (УК-1; ПК-4).

6.3. Шкала оценочных средств

Уровни освоения компетенций	Критерии оценивания	Оценочные средства (кол-во баллов)
Продвинутый (75 -100 баллов) «зачтено»	Показывает глубокие знания предмета. Знает: -структуру и пространственную организацию белков, нуклеиновых кислот; -общие принципы регуляции клеточных процессов; -молекулярные механизмы взаимодействия регуляторных белков с нуклеиновыми кислотами и механизмы контроля стабильности мРНК и механизм РНК-интерференции; -особенности регуляторных процессов в клетках про- и эукариот; -основные принципы контроля клеточного цикла; -механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям. Умеет использовать полученные знания, приводя при ответе собственные примеры. Умеет: - предложить возможные пути повышения или понижения экспрессии определенных метаболических путей за счет воздействия на известные регуляторные процессы; - использовать знания о принципах регуляции метаболизма при создании организмов-продуцентов каких-либо соединений; - оценить возможные последствия изменения условий культивирования на основные метаболические процессы модельных организмов. Владеет навыками анализа современного состояния отрасли, науки и техники, свободно владеет терминологией из разных разделов дисциплины, теоретической базой профессионально-профилированных методов регуляции метаболических процессов.	Тестовые задания (30-40 баллов); реферат (7-10 баллов); вопросы к зачету (38-50 баллов).
Базовый (50 -74 балла) «зачтено»	Хорошо знает предмет, однако эти знания ограничены объемом материала, представленным в учебнике. Знает: -структуру и пространственную организацию белков, нуклеиновых кислот; -общие принципы регуляции клеточных процессов; -молекулярные механизмы взаимодействия регуляторных белков с нуклеиновыми кислотами и меха-	Тестовые задания (20-29 баллов); реферат (5-6 баллов); вопросы к зачету

	низмы контроля стабильности мРНК и механизм РНК-интерференции; -особенности регуляторных процессов в клетках про- и эукариот; -основные принципы контроля клеточного цикла; -механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям. Умеет использовать полученные знания, приводя примеры из тех, что имеются в учебнике. Умеет: - предложить возможные пути повышения или понижения экспрессии определенных метаболических путей за счет воздействия на известные регуляторные процессы; - использовать знания о принципах регуляции метаболизма при создании организмов-продуцентов каких-либо соединений; - оценить возможные последствия изменения условий культивирования на основные метаболические процессы модельных организмов. Владеет терминологией, делая ошибки; при неверном употреблении сам может их исправить.	(25-39 баллов).
Пороговый (35 - 49 баллов) — «зачтено»	Знает ответ только на конкретный вопрос о структуре и пространственной организации белков и нуклеиновых кислот, общим принципам регуляции клеточных процессов в клетках про- и эукариот; на дополнительные вопросы отвечает только с помощью наводящих вопросов экзаменатора. Не всегда умеет привести правильный пример. Не всегда самостоятельно может предложить возможные пути повышения или понижения экспрессии определенных метаболических путей за счет воздействия на известные регуляторные процессы; - использовать знания о принципах регуляции метаболизма при создании организмов-продуцентов каких-либо соединений; - оценить возможные последствия изменения условий культивирования на основные метаболические процессы модельных организмов. Слабо владеет терминологией. Слабо владеет навыками анализа современного состояния отрасли, теоретической базой профессионально-профилированных методов регуляции метаболических процессов.	Тестовые задания (14-19 баллов); реферат (3-4 балла); вопросы к зачету (18-26 баллов).
Низкий (допороговый) (компетенция не сформирована) (менее 35 баллов) —	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Не знает: -структуру и пространственную организацию белков, нуклеиновых кислот; -общие принципы регуляции клеточных процессов; -молекулярные механизмы взаимодействия регуля-	Тестовые задания (0-13 баллов); реферат (0-2 балла);

«не зачтено»	торных белков с нуклеиновыми кислотами и механизмы контроля стабильности мРНК и механизм РНК-интерференции; -особенности регуляторных процессов в клетках про- и эукариот; -основные принципы контроля клеточного цикла; -механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям. Не умеет привести правильный пример. Не умеет: - использовать знания о принципах регуляции метаболизма при создании организмов-продуцентов каких-либо соединений; - предложить возможные пути повышения или понижения экспрессии определенных метаболических путей за счет воздействия на известные регуляторные процессы - оценить возможные последствия изменения условий культивирования на основные метаболические процессы модельных организмов. Не владеет терминологией. Не владеет навыками анализа современного состояния отрасли, , теоретической базой профессионально-профилированных методов регуляции метаболических процессов.	вопросы к зачету (0-19 баллов).
--------------	--	---------------------------------

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Основная учебная литература:

1. Дубровский М.Л. УМК по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» для обучающихся по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология. - Мичуринск-2026.

7.2. Дополнительная учебная литература:

1. Биотехнология, биоинформатика и геномика растений и микроорганизмов [Электронный ресурс]: материалы конференции. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ, 2016. — 140 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92007>. — Загл. с экрана.
2. Гистология, цитология и эмбриология [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2012. — 462 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65442>. — Загл. с экрана.
3. Ржечицкая, Л. Э. Основы биотехнологии [Электронный ресурс] : лаб. практикум / М. А. Сысоева, М. Е. Зиновьева, Казан. гос. технол. ун-т, Л. Э. Ржечицкая. — Казань : КГТУ, 2004. — 90 с. — Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/292655>
4. Основы биотехнологии. В 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для СПО — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 170 с. — (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07840-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/441963> (дата обращения: 07.05.2019).
5. Современные биотехнологии в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] : монография / О.В. Богатова, Г.В. Карпова, М.В. Ребезов, Г.М. Топурия, М.В. Клычкова, Ю.С. Кичко,

7.3. Методические указания по освоению дисциплины

1. Дубровский М.Л. Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» для направления подготовки 190301 биотехнология - Мичуринск, 2026.

2. Дубровский М.Л. Методические указания для самостоятельной работы и выполнения контрольной работы занятий по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» для направления подготовки 190301 биотехнология - Мичуринск, 2026.

7.4. Информационные и цифровые технологии (программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы)

Учебная дисциплина (модуль) предусматривает освоение информационных и цифровых технологий. Реализация цифровых технологий в образовательном пространстве является одной из важнейших целей образования, дающей возможность развивать конкурентоспособные качества обучающихся как будущих высококвалифицированных специалистов.

Цифровые технологии предусматривают развитие навыков эффективного решения задач профессионального, социального, личностного характера с использованием различных видов коммуникационных технологий. Освоение цифровых технологий в рамках данной дисциплины (модуля) ориентировано на способность безопасно и надлежащим образом получать доступ, управлять, интегрировать, обмениваться, оценивать и создавать информацию с помощью цифровых устройств и сетевых технологий. Формирование цифровой компетентности предполагает работу с данными, владение инструментами для коммуникации.

7.4.1. Электронно-библиотечная системы и базы данных

1. ООО «ЭБС ЛАНЬ» (<https://e.lanbook.com/>) (договор на оказание услуг от 01.09.2025 № б/н (Сетевая электронная библиотека).

2. База данных электронных информационных ресурсов ФГБНУ ЦНСХБ (договор по обеспечению доступа к электронным информационным ресурсам ФГБНУ ЦНСХБ через терминал удаленного доступа (ТУД ФГБНУ ЦНСХБ) от 01.12.2025 № 04-УТ/2025).

3. ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (<https://urait.ru/>) (договор на оказание услуг по предоставлению доступа к образовательной платформе ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» от 01.09.2025 № 7326).

4. Электронно-библиотечная система «Вернадский» (<https://vernadsky-lib.ru>) (договор на безвозмездное использование произведений от 26.03.2020 № 14/20/25).

5. База данных НЭБ «Национальная электронная библиотека» (<https://rusneb.ru/>) (договор о подключении к НЭБ и предоставлении доступа к объектам НЭБ от 02.09.2024 № 101/НЭБ/4712-п).

6. Договор о сотрудничестве по оказанию библиотечно-информационных и социокультурных услуг пользователям университета из числа инвалидов по зрению, слабовидящих, инвалидов других категорий с ограниченным доступом к информации, лиц, имеющих трудности с чтением плоскочечного текста ТОГБУК «Тамбовская областная универсальная научная библиотека им. А.С. Пушкина» Филиал «Специальная библиотека для слепых им. Н.А. Островского» (<https://www.tambovlib.ru>) (договор о сотрудничестве от 10.10.2024 № 0001).

7.4.2. Информационные справочные системы

1. Справочная правовая система КонсультантПлюс (договор поставки, адаптации и сопровождения экземпляров систем КонсультантПлюс от 24.02.2026 № 12760 /13900/ЭС).
2. Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ» (договор на услуги по сопровождению от 11.02.2026 № 194-01/2026).

7.4.3. Современные профессиональные базы данных

1. База данных нормативно-правовых актов информационно-образовательной программы «Росметод» (договор от 06.11.2025 № 505/2025)
2. База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU – российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования - <https://elibrary.ru/>
3. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru/>
4. Открытые данные Федеральной службы государственной статистики - <https://rosstat.gov.ru/opendata>

7.4.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

№	Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)	Реквизиты подтверждающего документа (при наличии)
1	Microsoft Windows, Office Professional	Microsoft Corporation	Лицензионное	-	Лицензия от 04.06.2015 № 65291651 срок действия: бессрочно
2	Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security для бизнеса	АО «Лаборатория Касперского» (Россия)	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/366574/?sp_hrase_id=415165	Сублицензионный договор с ООО «Софттекс» от 17.12.2025 № б/н, срок действия: с 18.12.2025 по 17.12.2026
3	МойОфис Стандартный - Офисный пакет для работы с документами и почтой (myoffice.ru)	ООО «Новые облачные технологии» (Россия)	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301631/?sp_hrase_id=2698444	Контракт с ООО «Рубикон» от 24.04.2019 № 0364100000819000012 срок действия: бессрочно
4	Офисный пакет «Р7-Офис» (десктопная версия)	АО «Р7»	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/306668/?sp_hrase_id=4435041	Контракт с ООО «Софттекс» от 24.10.2023 № 0364100000823000007 срок действия: бессрочно
5	Операционная система «Альт Образование»	ООО "Базальт свободное программное обеспечение"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/303262/?sp_hrase_id=4435015	Контракт с ООО «Софттекс» от 24.10.2023 № 036410000082300000

					7 срок действия: бессрочно
6	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат ВУЗ» (https://docs.antiplagiatus.ru)	АО «Антиплагиат» (Россия)	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/303350/?sp_hrase_id=2698186	Лицензионный договор с АО «Антиплагиат» от 16.05.2025 № 10567, срок действия: с 16.06.2025 по 15.06.2026
7	Acrobat Reader - просмотр документов PDF, DjVU	Adobe Systems	Свободно распространяемое	-	-
8	Foxit Reader - просмотр документов PDF, DjVU	Foxit Corporation	Свободно распространяемое	-	-

7.4.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. CDTOWiki: база знаний по цифровой трансформации <https://cdto.wiki/>
2. Режим доступа: .garant.ru - справочно-правовая система «ГАРАНТ»
3. Режим доступа: www.consultant.ru - справочно-правовая система «Консультант Плюс»
4. <http://www.biotechnolog.ru> – молекулярная биология и биотехнология;
5. <http://www.sci-lib.com> – наука, новости науки и техники для студентов;
6. <http://www.inbi.ras.ru> – Институт биохимии имени А.Н. Баха РАН;
7. <http://www.eimb.relarn.ru> – институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН
8. <http://www.iteb.serpukhov.su> – институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН
9. www.xumuk.ru – сайт «Химик»
10. <http://www.volgmed.ru/biochem/301/edu-libr-d.php> - медицинская биохимия.
11. <http://www.protein.bio.msu.ru/biokhimiya/index.htm> - каталог научно-образовательных ресурсов МГУ;
12. <http://www.tusearch.blogspot.com> – поиск электронных книг, публикаций, ГОСТов, на сайтах научных библиотек;
13. http://www.yanko.lib.ru/books/biolog/nagl_biochemindex.htm - Кольман Я., Рем К.-Г., Вирт Ю. Наглядная биохимия.
14. <http://www.elibrary.ru/defaultx.asp> - научная электронная библиотека;
15. <http://www.humbio.ru/humbio/biochem/000b6185.htm> - биохимия. Справочник (онлайн);
16. <http://www.sci-lib.com> – наука, новости науки и техники для студентов;
17. <http://www.biomolecula.ru> – наука, новости;
18. <http://www.pereplet.ru> – сайт Соросовского образовательного журнала.

7.4.6. Цифровые инструменты, применяемые в образовательном процессе

1. LMS-платформа Moodle

2. Виртуальная доска Миро: miro.com
3. Виртуальная доска SBoard <https://sboard.online>
4. Виртуальная доска Padlet: <https://ru.padlet.com>
5. Облачные сервисы: Яндекс.Диск, Облако Mail.ru
6. Сервисы опросов: Яндекс Формы, MyQuiz
7. Сервисы видеосвязи: Яндекс телемост, Webinar.ru
8. Сервис совместной работы над проектами для небольших групп Trello <http://www.trello.com>

7.4.7. Цифровые технологии, применяемые при изучении дисциплины

	Цифровые технологии	Виды учебной работы, выполняемые с применением цифровой технологии	Формируемые компетенции
1.	Облачные технологии	Лекции Самостоятельная работа	УК-1
2.	Большие данные	Лекции Самостоятельная работа	УК-1

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (г. Мичуринск, ул. Интернациональная, дом № 101, 2/32)	1. Жалюзи горизонтальные на три окна (инв. № 2101065486) 2. Интерактивная доска (инв. № 2101040205) 3. Системный комплект: процессор Intel Original LGA 1150, вентилятор Deepcool THETA 21, материнская плата ASUS H81M-K<S-1150 iH, память DDR3 4 Gd, жесткий диск 500 Gb, корпус MAXcase H4403, блок питания Aerocool 350W (инв. № 21013400740) 4. Проектор Viewsonic PJD6243 DLP 3200 lumens XGA 3000:1 HDMI 3D 5. Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий.	1. Microsoft Windows 7 (лицензия от 31.12.2013 № 49413124, бессрочно). 2. Microsoft Office 2010 (лицензия от 04.06.2015 № 65291658, бессрочно).
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (Учебная лаборатория физиологии растений) (г. Мичуринск, учхоз «Роща», 9/27)	1. Платформа UP-12 BioSan для шейкера, универсальная для колб, бытолок и стаканов, 265'185мм для шейкеров OS-12, PSU-10i, ES-20 (инв. № 21013600789) 2. Фотометр КФК-3-01-"ЗОМЗ" фотоэлектрический (инв. № 21013600788) 3. Шейкер PSU-10i BioSan, орбитальный (50-450 об/мин, орбитальный, до 3кг) без платформы (инв. № 21013600790) 4. Шейкер S-3 цифровой (платф. 168'168 об/мин, амплитуда 20мм, орбитальный, 10-250 об/мин) (инв. № 21013600783) 5. Доска классная (инв. № 41013602281) 6. Кресло офисное AV 204 PL МК ткань (инв. № 41013602311) 7. Микроскоп медицинский Биомед 2	

	(инв.№41013401728, 41013401727, 41013401726, 41013401725, 41013401724, 41013401723, 41013401722, 41013401721, 41013401720, 41013401719, 41013401718, 41013401717, 41013401716, 41013401715, 41013401714) 8. Настенный экран Lumien Master Picture 220-220 см (инв.№41013401710) 9. Проектор NEC M361X (инв.№41013401707) 10. Системный комплект: Процессор Intel Original LGA 1155, вентилятор, материнская плата, память, жесткий диск, видеокарта, монитор, устройство чтения карт памяти, привод, корпус, клавиатура, мышь (инв.№41013401700) 11. Стол лабораторный химический (1200'600'750) столешн.пластик/каркас ал.профиль (инв.№41013602349, 41013602348, 41013602347, 41013602346, 41013602345, 41013602344, 41013602343, 41013602342, 41013602341, 41013602340, 41013602339, 41013602338, 41013602337) 12. Шкаф для хранения лабораторной посуды (800'450'1950) полки пластик/каркас ал.профиль с замком (инв.№41013602358) 13. Испаритель ИР-1М3 ротационный (инв.№21013600785)	
Учебная аудитория для самостоятельной работы (г. Ми-чуринск, ул. Интернациональная, дом № 101, 3/239б)	1. Доска классная (инв. № 2101063508) 2. Жалюзи (инв. № 2101062717) 3. Жалюзи (инв. № 2101062716) 4. Компьютер Celeron E3500, мат. плата ASUS, опер.память 2048Mb, монитор 19"АОС (инв.№ 2101045283, 2101045284, 2101045285) 5. Компьютер Pentium-4 (инв.№ 2101042569) 6. Моноблок iRU308 21.5 HD i3 3220/4Gb/500gb/GT630M 1Gb/DVDRW/MCR/DOS/WiFi/white/Web / клавиатура, мышь (инв. № 21013400521, 21013400520) 7. Компьютер Dual Core E 6500 (инв.№ 1101047186) 8. Компьютер торнадо Core-2 (инв.№ 1101045116, 1101045118, 1101045117) 9. Экран на штативе (инв.№ 1101047182) Компьютерная техника подключена к	1. Microsoft Windows XP,7 (лицензия от 31.12.2013 № 49413124, бессрочно). 2. Microsoft Office 2003, 2010 (лицензия от 04.06.2015 № 65291658, бессрочно). 3. AutoCAD Design Suite Ultimate (договор от 17.04.2015 № 110000940282); 4. nanoCAD (версия 5.1 локальная, образовательная лицензия, серийный номер NC50B-270716 лицензия действительна бессрочно, бесплатная). 5. Программный комплекс «АСТ-Тест Plus» (лицензионный договор от 18.10.2016 № Л-21/16). 6. ГИС MapInfo Professional

	сети «Интернет» и обеспечена доступом в ЭИОС университета.	15.0 для Windows для учебных заведений (лицензионный договор от 18.12.2015 №123/2015-у)
--	--	---

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Регуляция метаболизма клетки» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ № 736 от 10.08.2021.

Автор: доцент кафедры, канд.с.-х.наук

М.Л. Дубровский

Рецензент:

Профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии доктор сельскохозяйственных наук
Алиев Т. Г.-Г.

Программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологий и селекции семеноводства сельскохозяйственных культур (протокол № 9 от «18» апреля 2022 г.)

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Плодоовощного института им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 8 от «18» апреля 2022 г.)

Программа утверждена решением Учебно-методического совета университета протокол №8 от «21» апреля 2022 г.

Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологии и селекции сельскохозяйственных культур (протокол № 11 от 13 июня 2023 г.).

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии института фундаментальных и прикладных агробiotехнологий им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 11 от 19 июня 2023 г.).

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета (протокол № 10 от 22 июня 2023 г.).

Программа переработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологии и селекции сельскохозяйственных культур (протокол № 11 от 3 мая 2024 г.).

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии института фундаментальных и прикладных агробiotехнологий им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 10 от 20 мая 2024 г.).

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета (протокол № 10 от 23 мая 2024 г.).

Программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур, протокол № 10 от 08 апреля 2025 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии института фундаментальных и прикладных агробiotехнологий им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 8 от 21 апреля 2025 г.).

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета (протокол № 8 от 23 апреля 2025 г.).

Программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур, протокол № 10 от 10 апреля 2026 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии института фундаментальных и прикладных агrobiотехнологий им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 8 от 20 апреля 2026 г.).

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета (протокол № 7 от 22 апреля 2026 г.).

Оригинал документа хранится на кафедре садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур